

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

DOCKET NO.: 204709U2PCT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: NISHI Yasukazu

SERIAL NO.: NEW U.S. PCT APPLICATION

FILED: HERewith

INTERNATIONAL APPLICATION NO.: PCT/JP00/04834

INTERNATIONAL FILING DATE: July 19, 2000

FOR: CALCULATION METHOD FOR PHYSICAL BODY DEFORMATION UNDER LOAD
PROPAGATION**REQUEST FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION**Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that
the applicant claims as priority:**COUNTRY**

Japan

APPLICATION NO

2000-003496

DAY/MONTH/YEAR

12 January 2000

Certified copies of the corresponding Convention application(s) were submitted to the
International Bureau in PCT Application No. PCT/JP00/04834.Respectfully submitted,
OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.Marvin J. Spivak
Attorney of Record
Registration No. 24,913
Surinder Sachar
Registration No. 34,423

22850

(703) 413-3000
Fax No. (703) 413-2220
(OSMMN 1/97)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

091856179

09/856179

PCT/JP00/C4834

日 本 国 特 許 庁

19.07.00

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JP00/4834

REC'D 12 SEP 2000

WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 1月12日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-003496

出 願 人

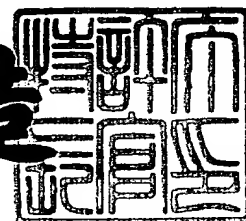
Applicant (s):

学校法人日本大学

2000年 8月25日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3066634

【書類名】 特許願
 【整理番号】 NUB-01
 【特記事項】 特許法第30条第1項の規定の適用を受けようとする特
 許出願
 【あて先】 特許庁長官殿

【発明者】

【住所又は居所】 東京都田無市本町3-4-11-601

【氏名】 西 恭一

【特許出願人】

【識別番号】 593116962

【氏名又は名称】 学校法人日本大学

【代理人】

【識別番号】 100090044

【弁理士】

【氏名又は名称】 大滝 均

【電話番号】 03(5688)6510

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 055790

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9913003

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 物体の荷重伝達変位を表示する方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 周囲から変位拘束を受けない境界中に周囲から変位拘束を受ける剛体上の物体の荷重伝達変位を表示する方法であって、

前記物体の任意の位置に与えられた荷重位置に仮想的に当該物体内に生成される 6 面体または平面形状の第一の材料エージェントと、

前記第一の材料エージェントの荷重を受ける面以外の隣接面に仮想的に生成される同形状の第二の材料エージェントと、

以下、同様に、順次、前記物体内に前記物体と前記変位拘束を受けない境界および／または前記変位拘束を受ける剛体との境界まで仮想的に生成される第三、第四、・・・第 n の材料エージェントと、

前記物体と前記変位拘束を受けない境界および／または変位拘束を受ける剛体の接触面に仮想的に生成される所定形状の境界エージェントとからなり、

前記材料エージェントでは、前記荷重方向に対しては、荷重方向に前記物体の上面および下面に、その材料特性に応じた所定の荷重と、前記荷重方向に垂直な面には、前記物体の歪み特性に応じた所定の荷重と、当該材料エージェントに隣接する他の材料エージェントの荷重方向上面に所定の変位拘束を受ける荷重とを伝達し、

前記荷重を変位拘束を受けない境界中に生成される境界エージェントでは、隣接する前記材料エージェントからの荷重を荷重方向に同じ値の荷重を伝達し、前記変位拘束を受ける剛体中に生成される境界エージェントでは、隣接する前記材料エージェントからの荷重に対して荷重の逆方向に前記荷重と同じ値の荷重を伝達して当該物体の荷重伝達変位を表示する方法。

【請求項 2】 前記第一ないし第 n の材料エージェントは、伝達される荷重が所定のしきい値より大のときに荷重伝達方向に生成されることを特徴とする請求項 1 に記載の表示方法。

【請求項 3】 コンピュータ画面で周囲から変位拘束を受けない境界中に周囲から変位拘束を受ける剛体上の物体の荷重伝達変位を表示する方法であって、

前記物体の任意の位置に与えられた荷重位置に仮想的に当該物体内に生成される6面体または平面形状の第一の材料エージェントと、

前記第一の材料エージェントの荷重を受ける面以外の隣接面に仮想的に生成される同形状の第二の材料エージェントと、

以下、同様に、順次、前記物体内に前記物体と前記変位拘束を受けない境界および／または前記変位拘束を受ける剛体との境界まで仮想的に生成される第三、第四、・・・第nの材料エージェントと、

前記物体と前記変位拘束を受けない境界および／または変位拘束を受ける剛体の接触面に仮想的に生成される所定形状の境界エージェントとからなり、

前記材料エージェントでは、前記荷重方向に対しては、荷重方向に前記物体の上面および下面に、その材料特性に応じた所定の荷重と、前記荷重方向に垂直な面には、前記物体の歪み特性に応じた所定の荷重と、当該材料エージェントに隣接する他の材料エージェントの荷重方向上面に所定の変位拘束を受ける荷重とを伝達し、

前記荷重を変位拘束を受けない境界中に生成される境界エージェントでは、隣接する前記材料エージェントからの荷重を荷重方向に同じ値の荷重を伝達し、前記変位拘束を受ける剛体中に生成される境界エージェントでは、隣接する前記材料エージェントからの荷重に対して荷重の逆方向に前記荷重と同じ値の荷重を伝達して当該物体の荷重伝達変位を表示するプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項4】 前記第一ないし第nの材料エージェントは、伝達される荷重が所定のしきい値より大のときに荷重伝達方向に生成されることを特徴とする請求項3に記載のプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、物体内を仮想的な所定形状に区切ってなる各エージェントの動きを表示することによって前記物体全体の変位を表示する物体の荷重伝達変位を表示する方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

近年、映画やコマーシャル等のいわゆるエンターテインメントにおいてCG (Computer Graphics) アニメーションが多用されるようになってきた。

しかし、物体の変形や動作をCGで再現するためには、正にそれらしく見られるように試行錯誤で作り上げるか、もしくは、大きな設備となるモーションキャプチャシステムによる動画からの復元が主流であり、人為的負荷の軽減には未だ達していない。

【 0 0 0 3 】

このような、構造物（対象物）への外力による変位を知り得るために、従来から、対象物の構造解析（構造物に限らず、熱や流体等の非構造解析も含む）のために、微分方程式を数値的に解く有限要素法（FEM: Finite Element Methodの略）が、高速大型コンピュータの出現とともに実用化され、例えば、NASTRANといった汎用プログラムが開発されている。

【 0 0 0 4 】

この有限要素法は、簡単にいうと、解法を得るために、①対象物体たる物体をFEMで解けるようにモデル化する。②要素（二次元の場合は、三角形等、三次元の場合は、六面体等）に分解する。③要素剛性マトリクスの作成。④全体剛性マトリクスの作成。⑤剛性方程式の作成。⑥剛性方程式の解法。といった手順が必要となり、例えば、二次元問題で三角形要素を用いた場合、所定形状の対象物体の任意位置に節点を設定し、これらの節点を三角形（要素：有限個）の頂点とすることで対象物体を要素で分割し、各節点の変位を未知数として連立一次方程式を作り、境界条件からその対象物体の状態を解として得るものである。

【 0 0 0 5 】

そこで、構造物（対象物）への外力による変位を知り得るために、物体の挙動を精度よく解析する手法であるFEM(有限要素法)と、CGアニメーションシステムの統合が考えられるが、計算時間を考慮するととても実用的とは言えず、また、CGクリエイターがFEMの専門知識をある程度得なければならない新たな課題も現れる。

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

上述したコンピュータグラフィックアニメーションによる立体的画像表示は、画像を数十万～数百万個の多角形で1枚の画像を表現し、例えば、対象物体を表示するには、対象物体を形成するために複数の多角形を演算により算出する必要があり、膨大な行列式の演算（1画像分について数十万～数百万個）をその都度演算し、また、その画像に対する色や光源等の環境設定を人が想定したのち、コンピュータ等で計算し、さらに、それを複数の画像分について計算しなければならず、プログラムの巨大化とともにコンピュータの処理負荷が大きくなっていた

【 0 0 0 7 】

また、物体の形状変化の様子をコンピュータグラフィックアニメーションで物理的に満足する形で表現するためには、有限要素法を用いて、その変化を得ることはできるが、もともと巨大なCGアニメーションプログラムに、巨大なFEMプログラムを統合すると、プログラムがさらに巨大化し、これを実行するコンピュータの演算時間の短縮化という点を考慮する必要とともに、専門的な知識を必要とする有限要素法をコンピュータグラフィックデザイナーが習得して利用しなければならないといった問題があった。

さらに、現在のCGアニメーションは、物体の動きは滑らかであるが、物体そのものの変形を考慮していないため、例えば、人物の動き自体は滑らかに動いているが、筋肉の形状はそのままであったり、車が動く場合も、車自体が上下あるいは左右には動くが、カーブを曲がる時に、タイヤにかかる力は考慮されていないため、映像全体としてみると、表現に不自然さがあった。

【 0 0 0 8 】

本発明は、上記従来の事情に鑑みてなされ、物体に与えられた荷重に基づいて、マトリクス状に仮想エージェントを生成し、個々のエージェントが変形し、さらに荷重面以外の他面に対し、所定の条件で荷重を伝達して簡易的に対象物体の状態を表示できる物体の荷重伝達変位を表示する方法を提供することを目的とする。

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本願請求項 1 に係る発明は、周囲から変位拘束を受けない境界中に周囲から変位拘束を受ける剛体上の物体の荷重伝達変位を表示する方法であって、前記物体の任意の位置に与えられた荷重位置に仮想的に当該物体内に生成される 6 面体または平面形状の第一の材料エージェントと、前記第一の材料エージェントの荷重を受ける面以外の隣接面に仮想的に生成される同形状の第二の材料エージェントと、以下、同様に、順次、前記物体内に前記物体と前記変位拘束を受けない境界および／または前記変位拘束を受ける剛体との境界まで仮想的に生成される第三、第四、・・・第 n の材料エージェントと、前記物体と前記変位拘束を受けない境界および／または変位拘束を受ける剛体の接触面に仮想的に生成される所定形状の境界エージェントとからなり、前記材料エージェントでは、前記荷重方向に対しては、荷重方向に前記物体の上面および下面に、その材料特性に応じた所定の荷重と、前記荷重方向に垂直な面には、前記物体の歪み特性に応じた所定の荷重と、当該材料エージェントに隣接する他の材料エージェントの荷重方向上面に所定の変位拘束を受ける荷重とを伝達し、前記荷重を変位拘束を受けない境界中に生成される境界エージェントでは、隣接する前記材料エージェントからの荷重を荷重方向に同じ値の荷重を伝達し、前記変位拘束を受ける剛体中に生成される境界エージェントでは、隣接する前記材料エージェントからの荷重に対して荷重の逆方向に前記荷重と同じ値の荷重を伝達して当該物体の荷重伝達変位を表示する方法。

また、本願請求項 2 に係る発明は、請求項 1 に記載の表示方法に係り、前記第一ないし第 n の材料エージェントは、伝達される荷重が所定のしきい値より大のときに荷重伝達方向に生成されることを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

また、本願請求項 3 に係る発明は、コンピュータ画面で周囲から変位拘束を受けない境界中に周囲から変位拘束を受ける剛体上の物体の荷重伝達変位を表示する方法のプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、前記物体の任意の位置に与えられた荷重位置に仮想的に当該物体内に生成される

6面体または平面形状の第一の材料エージェントと、前記第一の材料エージェントの荷重を受ける面以外の隣接面に仮想的に生成される同形状の第二の材料エージェントと、以下、同様に、順次、前記物体内に前記物体と前記変位拘束を受けない境界および／または前記変位拘束を受ける剛体との境界まで仮想的に生成される第三、第四、・・・第nの材料エージェントと、前記物体と前記変位拘束を受けない境界および／または変位拘束を受ける剛体の接触面に仮想的に生成される所定形状の境界エージェントとからなり、前記材料エージェントでは、前記荷重方向に対しては、荷重方向に前記物体の上面および下面に、その材料特性に応じた所定の荷重と、前記荷重方向に垂直な面には、前記物体の歪み特性に応じた所定の荷重と、当該材料エージェントに隣接する他の材料エージェントの荷重方向上面に所定の変位拘束を受ける荷重とを伝達し、前記荷重を変位拘束を受けない境界中に生成される境界エージェントでは、隣接する前記材料エージェントからの荷重を荷重方向に同じ値の荷重を伝達し、前記変位拘束を受ける剛体中に生成される境界エージェントでは、隣接する前記材料エージェントからの荷重に対して荷重の逆方向に前記荷重と同じ値の荷重を伝達して当該物体の荷重伝達変位を表示する方法。

さらに、本願請求項4に係る発明は、請求項3に記載のプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体に係り、前記第一ないし第nの材料エージェントは、伝達される荷重が所定のしきい値より大のときに荷重伝達方向に生成されることを特徴とする。

【0011】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の物体の荷重伝達変位を表示する方法の一実施の形態について、特に、対象物体の任意の位置に荷重が加わった場合に、その位置から物体の境界まで生成される物体内の材料エージェントおよびその物体の境界に生成される境界エージェントの概念を用いて、その生成過程およびその荷重伝達過程から物体の変位が表示される状態を図面を参照して詳細に説明する。

【0012】

図1は、本実施の形態に係る物体1において、その任意の位置に荷重が加わっ

た場合、その位置に第一のエージェントが仮想的に生成され、その荷重が物体 1 内を伝達して、物体 1 の境界まで伝達され、いくつかのエージェントを生成するとともに、その物体 1 境界で、新たにエージェント 3 a、3 b が生成される概要を示した構成図であり、図 2 は、それらの各エージェント間で荷重がどのように伝達されるかをさらに詳細に示した荷重伝達動作図である。

【0013】

図 1 において、符号 1 は、対象物体である物体、符号 2 は、例えば、弾性体の任意の荷重位置に生成される第一の材料エージェント、3 a は、前記物体 1 の境界に生成されるエージェントであって、周囲から変位拘束を受けない境界中に生成される境界エージェント、3 b は、前記物体 1 の境界に生成されるエージェントであって、周囲から変位拘束を受ける前記剛体中に生成される境界エージェントである。また、4 は、本実施の形態に係る対象物体 1 が配置される前記周囲から変位拘束を受けない境界、例えば空気であり、5 は、本実施の形態に係る対象物体 1 が周囲から変位拘束を受ける境界、例えば、剛体である。

【0014】

すなわち、物体 1 に加えられた荷重が、物体 1 内をどのように伝達され、それが終局的に、当該物体 1 をどのように変位（変形）させるかを示すものであり、本実施の形態では、各エージェントは、対象物体 1 の任意の位置に荷重が加わった際に当該位置に生成され、所定の仮想立体に区切った第一の材料エージェント 2 が生成され、その後、当該物体 1 の境界に生成される第 n 番目の第 n の材料エージェント 2 までは生成される。そして、当該物体 1 が配置された状態で、その周囲から変位拘束を受けない境界中の境界に生成される境界エージェント 3 a と、その周囲から変位拘束を受ける境界中の境界に生成される境界エージェント 3 b を想定して説明される。

【0015】

〔エージェント生成の前提〕

なお、以下の各エージェントの生成および荷重伝達については、ここでは、理解のし易いように最初に便宜的に正方形の 2 次元構造を基本にして述べ、後に立方体による 3 次元構造について述べる。すなわち、配置想定として、本実施の形

態では、所定境界中に配置された 2 次元対象物体を想定し、その 2 次元物対象物体のある位置に荷重を負荷された場合の、その 2 次元対象物体の各部の変位表現を図 3 から図 6 に基づいて試みる。

【 0 0 1 6 】

〔材料エージェントの動作（その 1）〕

材料エージェント 2 は、当該 2 次元対象物体内を仮想的に所定形状（例えば、「正方形」）で区切って、その対象物体に与えられる外力に対する変位を表示するために想定される仮想形状想定物であり、前記 2 次元対象物体の任意の位置に 1 つの材料エージェント 2（例えば、第一の材料エージェント 2 a）を生成する

この第一の材料エージェント 2 a が生成されると、入力荷重 P_0 がかかる方向と同方向である材料エージェント 2 a の底辺（BOTTOM）2 a₂ に、上辺が接する位置に前記材料エージェント 2 a と同型の第二の材料エージェント 2 b が生成される。

また、この第一の材料エージェント 2 a が生成されると、該第一の材料エージェント 2 a の一側辺（LEFT）2 a₃ に、第一の材料エージェント 2 a と同形状の第二の材料エージェント 2 c が生成され、材料エージェント 2 a の他側辺（RIGHT）2 a₄ に、同様の第二の材料エージェント 2 d が生成される。

【 0 0 1 7 】

図 3 は、前記材料エージェント 2 a に所定の入力荷重を与えた場合の垂直方向への荷重伝達概念図であり、前記各部に生成される以下の材料エージェントは、いずれも以下の伝達動作をするものとして想定される。

材料エージェント 2 a は、本実施の形態では、正方形からなり、入力荷重 P_0 がかかる上辺（TOP）2 a₁ と、入力荷重 P_0 がかかる方向と同方向で伝達される底辺（BOTTOM）2 a₂ と、一側辺（LEFT）2 a₃ と、他側辺（RIGHT）2 a₄ とからなる。

【 0 0 1 8 】

このような材料エージェント 2 に対して、上部方向から入力荷重 P_0 を与えると、第一の材料エージェント 2 a が生成されるとともに、当該第一の材料エー

エージェント 2 a の直下に荷重が伝達され、荷重が伝達される方向に第二の材料エージェント 2 b が生成される。

例えば、第一の材料エージェント 2 a の上辺 (TOP) が受ける力を荷重 P_1 とすると、荷重 P_1 は、入力荷重 P_0 に所定の伝達係数 α_1 がかった荷重 P_1 ($P_1 = \alpha_1 \cdot P_0$) となり、第二の材料エージェント 2 b の上辺 (TOP) が受ける力を荷重 P_2 とすると、荷重 P_2 は、入力荷重 P_1 に所定の伝達係数 α_2 がかった荷重 P_2 ($P_2 = \alpha_2 \cdot P_1$) となる。

【0019】

また、前記材料エージェント 2 に、上部方向から入力荷重 P_0 を与えると、該第一の材料エージェント 2 a の一側辺 (LEFT) 2 a₃ に他側辺 (RIGHT) 2 a₄ が接する第二の材料エージェント 2 c が生成され (図 3 では、材料エージェント 2 a の左側)、前記材料エージェント 2 a の一側辺 (LEFT) 2 a₃ と材料エージェント 2 c の他側辺 (RIGHT) 2 c₄ のあいだで摩擦力が生じ、荷重 P_0 が伝達される方向と同方向の荷重が、材料エージェント 2 c の上辺 (TOP) 2 c₁ にかかる。

このとき材料エージェント 2 c の上辺 (TOP) 2 c₁ が受ける力は、荷重 P_0 に所定の伝達係数 α_3 がかった荷重 P_3 ($P_3 = \alpha_3 \cdot P_0$) となり、同様に、第一の材料エージェント 2 a の他側辺 (RIGHT) 2 a₄ に一側辺 (LEFT) が接する第二の材料エージェント 2 d が生成され (図 3 では、材料エージェント 2 a の右側)、該第二の材料エージェント 2 d の上辺 (TOP) 2 d₁ が受ける力も、荷重 P_0 に所定の伝達係数 α_3 がかった荷重 P_3 ($P_3 = \alpha_3 \cdot P_0$) となる。

【0020】

すなわち、対象物体の上部が入力荷重 P_0 を受けると、対象物体は入力荷重 P_0 と同方向に所定の伝達係数 α_1 がかった荷重 P_1 を伝達することで、伝達方向に第一の材料エージェント 2 a を生成する。すると該第一の材料エージェント 2 a の直下に所定の伝達係数 α_2 がかった荷重 P_2 を伝達するとともに該伝達方向に第二の材料エージェント 2 b を生成する。また、第二の材料エージェント 2 b の上部が荷重 P_1 を受けると、第二の材料エージェント 2 b は、第二の材料

エージェント 2 b の直下に、所定の伝達係数がかかった荷重を伝達して、つぎの第三の材料エージェント（図 3 では図示外）を生成するとともに所定の伝達係数がかかった荷重を受けて順次伝達する。

【0021】

また、第一の材料エージェント 2 a の上部が受けた入力荷重 P_0 は、荷重伝達方向となる第一の材料エージェント 2 a に隣接して第二の材料エージェント 2 c と第二の材料エージェント 2 d を生成し、これら第二の材料エージェント 2 c と第二の材料エージェント 2 d とのあいだに生じる摩擦力により、該第二の材料エージェント 2 c と第二の材料エージェント 2 d の上辺には入力荷重 P_0 に所定の伝達係数 α_3 がかった荷重 P_3 が荷重される。

そして、第二のエージェント 2 c、2 d は、荷重 P_3 を入力荷重として、荷重 P_3 に所定の伝達係数 α_1 をかけた荷重を伝達し、第二のエージェント 2 c、2 d の直下に生成されるつぎの材料エージェントは、荷重 P_3 に所定の伝達係数 α_2 がかった荷重が順次伝達される。

このように入力荷重 P_0 に対して、入力荷重 P_0 と同方向に伝達される荷重がつぎに伝達されるのに有効だとみなされる値、つまり所定のしきい値 γ 以下になるまで荷重の伝達と、伝達される荷重が生成される方向領域（前記入力荷重 P_0 と同方向）に材料エージェントの生成を繰り返す。

【0022】

〔材料エージェントの動作（その 2）〕

つぎに、図 4 は、前記材料エージェント 2 に所定の入力荷重 P_0 を与えた場合、入力荷重 P_0 の入力方向に対して直角方向に伝達する荷重による動作概念図であり、前述した材料エージェント 2 と同様に、前記 2 次元対象物体の任意の位置に第一の材料エージェント 2 a を生成する。

この第一の材料エージェント 2 a が生成されたのち、該第一の材料エージェント 2 a は、入力荷重 P_0 の分力 P_1 ($P_1 = \alpha_1 \cdot P_0$ 、 α_1 : 伝達係数) がかかる方向に対して直角方向に伝達する。これは、第一の材料エージェント 2 a にかかる荷重により、該第一の材料エージェント 2 a が押しつぶされようとしたときに入力荷重 P_0 の分力 P_1 がかかる方向に対して直角方向に広がろうとする荷

重がかかることによる。

【0023】

第一の材料エージェント2aは、上記同様、正方形からなり、入力荷重 P_0 がかかる上辺(TOP)2a₁と、入力荷重 P_0 の分力 P_1 がかかる方向と同方向に荷重を伝達する底辺(BOTTOM)2a₂と、入力荷重 P_0 の分力 P_1 がかかる方向に対して直角方向で荷重を伝達する一側辺(LEFT)2a₃と、入力荷重 P_0 の分力 P_1 がかかる方向に対して直角方向で荷重を伝達する他側辺(RIGHT)2a₄とからなり、第一の材料エージェント2aの一側辺(LEFT)2a₃に荷重が伝達されると、第一の材料エージェント2aと同型の第二の材料エージェント2cが生成され、第一の材料エージェント2aの他側辺(RIGHT)2a₄に荷重が伝達されると、同様に第二の材料エージェント2dが生成される。

【0024】

図4において、第一の材料エージェント2aでは、入力荷重 P_0 を受けると、分力 P_1 によって荷重面との対面(図4では2a₂面)を一時的に拘束し、フックの法則(弾性体の歪みは応力に比例するというもの)により歪み(ε)を生じて、入力荷重 P_0 の分力 P_1 がかかる方向と同方向に縮み、入力荷重 P_0 の分力 P_1 がかかる方向に対して直角の方向にはポアソン比(ν)に基づいて広がろうとする。

【0025】

すなわち、第一の材料エージェント2aでは、一側辺(LEFT)に入力荷重 P_0 の分力 P_1 に対して直角方向の荷重が伝達されると、第一の材料エージェント2aの一側辺(LEFT)2a₃に接して第二の材料エージェント2cが生成され、他側辺(RIGHT)2a₄に接して第二の材料エージェント2dが生成される。

この第二の材料エージェント2c、第二の材料エージェント2dが生成されることにより、入力荷重 P_0 を受けた材料エージェント2aは、一側辺(LEFT)2a₃と他側辺(RIGHT)2a₄に、歪み($\varepsilon_x = -\beta \cdot \nu \cdot \varepsilon_y$ (β : 伝達係数))分が広がろうとする。

【0026】

すると、第二の材料エージェント2cの他側辺(RIGHT)側は、荷重 P_4 ($P_4 = (1 - \beta) \cdot \nu \cdot \varepsilon_y \cdot A_3 \cdot E$ (A_3 : $2a_3$ 面の断面積、 E : 材料のヤング率))を受け、第二の材料エージェント2dの一侧辺(LEFT)側は、前記第二の材料エージェント2cが受けた荷重 P_4 とは同量逆方向の荷重 P_4 ($P_4 = (1 - \beta) \cdot \nu \cdot \varepsilon_y \cdot A_4 \cdot E$)を受ける。

そして、入力荷重 P_0 に対して、入力荷重 P_0 の直角に伝達される荷重が所定のしきい値 γ 以下になるまで荷重の伝達と、荷重が生成される方向領域(前記垂直方向)へ材料エージェントの生成と荷重伝達を繰り返す。

【0027】

〔変位拘束を受けない境界エージェントの動作〕

図5は、前記材料エージェント2に所定の入力荷重を与えた場合、例えば、前記物体1が、周囲から変位拘束を受けない境界中に置かれている場合に、当該物体1は、その境界から、どのような影響を受けるかを模式化したものであって、前記物体1の境界に生成される第2の材料エージェント2の側辺 $2a_4$ が、例えば、空気4)に接している場合に、側辺(RIGHT)による入力荷重に対して、前記境界エージェント3aでは、どのような荷重が伝達されるか、その荷重量と方向を示す動作概念図である。

【0028】

図5において、材料エージェント2の側辺(RIGHT) $2a_4$ に垂直方向の荷重がかかると前記材料エージェント2の側辺(RIGHT) $2a_4$ に接して、境界エージェント3aが生成されるとともに、前記材料エージェント2の側辺(RIGHT) $2a_4$ からかかる荷重 P_5 が、同じ大きさ同じ方向の荷重 P_5' として境界エージェント3aにより材料エージェント2aに戻されることとなる。

このとき、前記材料エージェント $2a_4$ に伝達された荷重が所定のしきい値 γ 以下の場合は、境界エージェント3aは生成されず、荷重は伝達されない。

【0029】

〔変位拘束を受ける境界エージェントの動作〕

図6は、前記材料エージェント2に所定の入力荷重を与えた場合、該材料エー

ジェント 2 a が、例えば、剛体 5 に接しているとした場合に、そこに生成される境界エージェント 3 b では、入力荷重に対してどのような荷重が伝達されるか、その荷重量と方向を示す動作概念図である。

【0030】

図 6 において、入力荷重 P_0 (図 6 では図示外) を受けた材料エージェント 2 a の底辺 (BOTTOM) 2 a₂ から入力荷重 P_0 と同方向の荷重 P_6 が伝達されると、剛体 5 に、前記材料エージェント 2 と同様に、本実施の形態では、正方形の境界エージェント 3 b が生成される。そして、境界エージェント 3 b の上方 (TOP) から伝達された荷重 P_6 は、その荷重 P_6 と同量の荷重 P_6' が境界エージェント 3 b から材料エージェント 2 a に返される。これは、境界エージェント 3 b が生成される位置が剛体 5 によるもので、材料エージェント 2 a から受けた荷重により歪みを生じない。また、上記同様、前記材料エージェント 2 a₂ に伝達された荷重が所定のしきい値 γ 以下の場合は、境界エージェント 3 b は生成されず、荷重は伝達されない。

【0031】

このように材料エージェント 2 から、入力荷重 P_0 がかかる方向と同方向、あるいは入力荷重 P_0 に対して直角方向に順次生成される材料エージェント 2 は、伝達される荷重が所定の伝達係数に基づいて衰退する。例えば、ゴムのような弾性体を仮定すれば、そのゴム (弾性体) の上部面の一部に、所定の入力荷重を与えると、その入力荷重のかかった位置が大きく窪み (歪み)、入力荷重位置から距離が離れるほど窪み (歪み) が小さくなり、この材料エージェントが生成されたゴム (弾性体) が、例えば、コンクリート台のような剛体 (境界エージェント 3) 上に載置されていると、ゴム (弾性体) から伝達された荷重が、コンクリート台 (剛体) にかかるとともにその荷重分がゴム (弾性体) に返され、コンクリート台 (剛体) は、何ら歪みを生じない。

【0032】

つぎに、上記した 2 次元対象物体の各エージェントの動きを表示する方法について、2 次元対象物体の動きを、実際にコンピュータにより演算し、画面上に表示する様子について説明する。

なお、本実施の形態で使用するコンピュータは、メモリ 128 MByte を有し、インテル (Intel) 社製 Celeron 400 MHz の CPU を搭載したパーソナルコンピュータであり、ソフトウェアは、Sun Microsystems 社製の J A V A 言語 (Ver.1.1.7) with Swing1.1 と、Symantec 社製 Visual Cafe Ver3.0c を使用した。

【0033】

図 7 は、コンピュータを利用して、2 次元対象物体をエージェント化して物体の荷重伝達変位を表示した様子の説明図である。

このとき、本発明の物体の荷重伝達変位を表示する方法は、表示方法のプログラムを予めコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録し、その記録媒体からプログラムを読み取るようにしてもよい。

【0034】

まず、コンピュータに、仮想対象物体の情報として、幅 200 mm、高さ 200 mm、厚さ 2 mm の大きさからなる平板で、材料エージェントの条件が、ヤング率 206 GPa、ポアソン比 0.3、上方向からの入力荷重 2 N とし、予め材料エージェントの伝達係数として $\alpha_1 = 0.5$ 、 $\alpha_2 = 0.5$ 、 $\alpha_3 = 0.25$ と、 $\beta = 0.5$ を与え、さらに、しきい値 $\gamma = 10 E-3$ が与えられる。

【0035】

コンピュータに、上述した対象物体 (材料エージェント) の条件を入力し、対象物体の任意位置に入力荷重 (例えば上述した 2 N の荷重) を上から下方向に与えると、伝達された荷重がしきい値 γ より大きいときに材料エージェント 2 を生成し、材料エージェント 2 の変形および荷重伝達を行う。

生成された全エージェントについて、所定のしきい値 γ より小さくなるまで変形・伝達荷重の計算が終わると、その結果を、例えば、コンピュータに接続された表示装置やプリンタ等に表示して、2 次元対象物体の動きを表示する。

なお、対象物体 (材料エージェント) の条件は、1 つの対象物体毎に入力してもよいが、予め、複数の対象物体の条件を入力し、データベース化して記憶してもよい。

【0036】

図 8 は、本発明の物体（平面）の動きを表示する方法（前記エージェント）による x 方向、y 方向の応力値と、従来からの FEM 解析による x 方向、y 方向の応力値の比を表したグラフであり、また、図 9 は、前記エージェントと FEM を、x 方向と y 方向の応力をそれぞれ比較した応力比較のグラフであり、いずれのグラフにおいても、ほぼ傾向は一致しており、特に、応力比較グラフ（図 9 参照）の x 方向については、ほぼ一致している。

【 0 0 3 7 】

図 1 0 は、対象物体が変形した結果を表示した説明図であり、図 1 0（a）は、該対象物体に入力荷重が与えられた場合、従来からの FEM により求めた結果であり、同（b）は、該対象物体に入力荷重が与えられた場合に、各エージェントの変形（歪み）を表したものであり、大まかな動向は、ほぼ同じ形態で表されている。

このとき本願の表示方法は、対象物体に外力が働かない部分については、エージェント生成および荷重の伝達が行われず、そのまま最初の状態が表示される。

また、図 1 1 は、本発明の物体（平面）の動きを表示する方法（前記エージェント）と従来からの FEM 解析の変位を比較したグラフであり、このグラフにおいても両者の傾向が同一である。

【 0 0 3 8 】

このように、従来からの FEM と同じ大きさのマトリクスで表すと、荒さがあるが、計算が簡略で速いため、対象物体を小さくエージェント化し、伝達係数の調整を行うことで、FEM による表示とほぼ同様に、物体の変位の動向を十分に表示できる。

そして、上述したエージェントについて、入力荷重を、例えば、0.1 N 刻みで 2 N までを繰り返して表示すると、この対象物体が変形していく過程の動きを表示することができる。

【 0 0 3 9 】

ここまで、材料エージェント 2、境界エージェント 3 を 2 次元で説明したが、つぎに、第 2 の実施の形態として、本発明である物体の動きを表示する方法を、材料エージェント 2、境界エージェント 3 を 3 次元で説明する。

前述した図2は、本実施の形態に係る3次元対象物体（エージェント）の荷重伝達動作図であり、符号12は、材料エージェント、13は、境界エージェントを想定する。

例えば、材料エージェント12の所定位置に、入力荷重 P_0 がかかると、本実施の形態では、例えば立方体の材料エージェント12aが生成され、材料エージェント12aが生成されると、所定の伝達係数 α_1 に基づいて、入力荷重 P_0 と同方向の荷重 P_1 が伝達され、ついで入力荷重 P_1 と同方向である材料エージェント12aの底面に、所定の伝達係数 α_2 に基づいて、入力荷重 P_0 と同方向の荷重 P_2 が伝達され、伝達方向領域（材料エージェント12aの底面）に上面が接する同形状の材料エージェント12bが生成され、入力荷重 P_0 と同方向に順次材料エージェント12が、所定のしきい値 γ 以下になるか、あるいは材料エージェント12hに達するまで生成・荷重伝達する。

【0040】

また、この材料エージェント12aが生成されると、入力荷重 P_0 がかかる方向と同方向、つまり材料エージェント12aの4つの側面に摩擦力がかかり、前記第一の実施の形態と同様に、所定の伝達係数 α_3 に基づいて、入力荷重 P_0 と同方向の荷重 P_3 が伝達され、材料エージェント12aと同形状の材料エージェント12c、12d、12e、12fがそれぞれ生成される。

【0041】

すなわち、図2において、材料エージェント12aの右側前方の側面には、材料エージェント12cが、材料エージェント12aの左側前方の側面には、材料エージェント12dが、左側後方の側面には、材料エージェント12eが、右側後方の側面には、材料エージェント12fが、それぞれ生成される。

そして、前述したエージェントの形成と荷重伝達と同様に、前記材料エージェント12aは、入力荷重 P_0 の分力 P_1 を受けることにより押しつぶされて、歪み ε 分が横に広がろうとし、各側面（本実施の形態では4方向）に対し垂直方向（入力荷重 P_0 に対して直角方向）に荷重 P_4 （ $P_4 = (1 - \beta) \cdot \nu \cdot \varepsilon_y \cdot A \cdot E$ （A：材料エージェント2aの一側面の断面積、E：材料のヤング率））が伝達される。

そして、各材料エージェント 1 2 c、1 2 d、1 2 e、1 2 f、・・・に荷重 P_n が伝達されると、荷重が所定のしきい値 γ となるまで、あるいは材料エージェント 1 2 g に達するまで材料エージェント 1 2 を生成・荷重伝達し、続いて同様に材料エージェント 1 2 b の側面に接して材料エージェント（図 2 では図示外）を生成・荷重伝達する。

【 0 0 4 2 】

そして、前述と同様に、材料エージェント 1 2 g の一側面が変位拘束されない境界（例えば空気中）の場合は、該材料エージェント 1 2 g の一側面に接して、境界エージェント 1 3 a が生成されるとともに、前記材料エージェント 1 2 g に戻される一側面からかかる荷重 P_5 がそのまま荷重 P_5' として境界エージェント 1 3 a にかかる。

また、入力荷重 P_0 の分力 P_1 を受けて荷重を伝達した材料エージェント 1 2 h の底面から入力荷重 P_0 と同方向の荷重 P_6 が伝達されると、変位拘束される境界（例えば剛体）に立方体の境界エージェント 1 3 b が生成され、境界エージェント 1 3 b の上面から伝達された荷重 P_6 は、その荷重 P_6 と同量の荷重 P_6' が境界エージェント 1 3 b から材料エージェント 1 2 h に返される。

このように、3 次元の物体についても、前述した 2 次元の構造対象物体と同様に、各エージェントを生成・荷重伝達し、変位の様子を容易に計算することができる。

【 0 0 4 3 】

なお、上記実施の形態では、各エージェントの形状を正方形あるいは立方体として説明したが、その形状は正多角形、正多面体（例えば、正 6 角形、正 6 面体）であってもよく、同形状のエージェントが、隙間無く隣接して生成されれば、特にその形状は限定しない。

また、上記実施の形態では、変位拘束を受けない境界エージェントを空気中として説明したが、水中（液体中）、真空中、特定種類のガス中でもよく、境界エージェントの成分は特に限定しない。

なお、上記実施の形態では、変位拘束を受ける境界エージェントを剛体として説明したが、剛体の他に、他の伝達係数を有する物体であってもよく、その場合

は、上記材料エージェントと同様の方法で（伝達係数の異なる）演算を行ってもよい。

【 0 0 4 4 】

【発明の効果】

本発明の物体の荷重伝達変位を表示する方法によると、対象物体への荷重に対して、1つ目のエージェントを生成し、そのエージェントから所定の伝達係数に基づいて順次エージェントを生成しつつ荷重を伝達させるようにしたため、物理学、特に材料力学の分野における物体の変位解析に容易に応用できるほか、コンピュータグラフィックの分野において、ゲーム等のアプリケーションプログラムに組み込み、表示される物体の変形状態を表示する際のコンピュータグラフィックスアニメーション化が簡単に実現できる。このようなことにより、専門的な知識を必要とする有限要素法を習得して利用する必要がなくなり、また、プログラムが簡易化されることから、これを実行するコンピュータの演算時間（物体変位の表示に要する時間）の短縮化を図ることができるといった利点がある。

【 0 0 4 5 】

また、本発明の物体の荷重伝達変位を表示する方法によると、荷重を受けない（所定のしきい値以下）の部分については、エージェントの生成、荷重の伝達を行う必要がないため、物体の部分的な変位を表示する際には、従来、全体の状態を演算する必要があったのに対し、変位のない部分についての演算をする必要がないので、全体表示に要するコンピュータの演算時間の飛躍的に短縮化することができるという極めて優れた特徴・効果がある。

【 0 0 4 6 】

このように、専門的な知識を不要とし、またコンピュータの処理負荷を軽減できることから、コンピュータグラフィックによるコンピュータゲームや、映画の背景（コマ）等にご利用でき、機械・構造物の応力状態や、そのシミュレーションに応用でき、また物性のみならず、流体においても変位の動向を算出してシミュレーション表示すること等に広く利用できる。

【 0 0 4 7 】

さらに、本発明の物体の荷重伝達変位を表示する表示方法を、CGアニメーション

ョンソフトウェアと組み合わせることにより、物体そのものの変形を考慮して表示することができるため、例えば、人物の筋肉の動向形状を表示したり、車がカーブを曲がる時に、タイヤにかかる力を考慮して、実映像（ビデオカメラ等による撮影）と同様に自然な動きを表現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施の形態に係る物体の荷重伝達変位を表示するための対象物体のエージェント化を示した構成図である。

【図 2】

本発明の一実施の形態に係る物体の荷重伝達変位を表示するために、物体の材料エージェントに所定の入力荷重を与えた場合の動作概念図である。

【図 3】

本発明の一実施の形態に係る物体の荷重伝達変位を表示するために、2次元の材料エージェントに所定の入力荷重を与えた場合の動作概念図である。

【図 4】

本発明の一実施の形態に係る物体の荷重伝達変位を表示するために、2次元の材料エージェントに所定の入力荷重を与えた場合、入力荷重の方向に対して直角方向に伝達する荷重による動作概念図である。

【図 5】

本発明の一実施の形態に係る物体の荷重伝達変位を表示するために、2次元の材料エージェントに所定の入力荷重を与えた場合、材料エージェントの入力荷重の方向に対して変位拘束を受けない境界エージェントに直角方向に伝達する荷重による動作概念図である。

【図 6】

本発明の一実施の形態に係る物体の荷重伝達変位を表示するために、2次元の材料エージェントに所定の入力荷重を与えた場合、材料エージェントの底部に変位拘束を受けそのまま返す境界エージェントが配置されているときの入力荷重に対する動作概念図である。

【図 7】

本発明の一実施の形態に係る物体の動きを表示するために、コンピュータを利用して、対象物体と、対象物体をエージェント化して表示した様子の説明図である。

【図 8】

本発明の一実施の形態に係るエージェントと、FEMを、x方向とy方向の応力をそれぞれ比較した応力比較のグラフである。

【図 9】

本発明の一実施の形態に係る物体の荷重伝達変位を表示する方法により、対象物体が変形した結果を表示した説明図である。

【図 1 0】

本発明の一実施の形態に係る物体（平面）の荷重伝達変位を表示する方法（前記エージェント）によるx方向、y方向の応力値と、従来からのFEM解析によるx方向、y方向の応力値の比を表したグラフである。

【図 1 1】

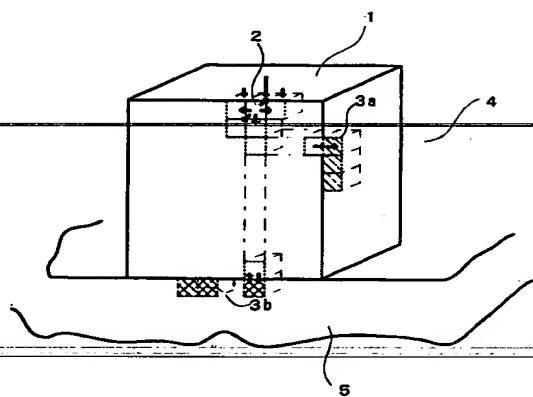
本発明の一実施の形態に係る物体（平面）の荷重伝達変位を表示する方法（前記エージェント）と従来からのFEM解析の変位を比較したグラフである。

【符号の説明】

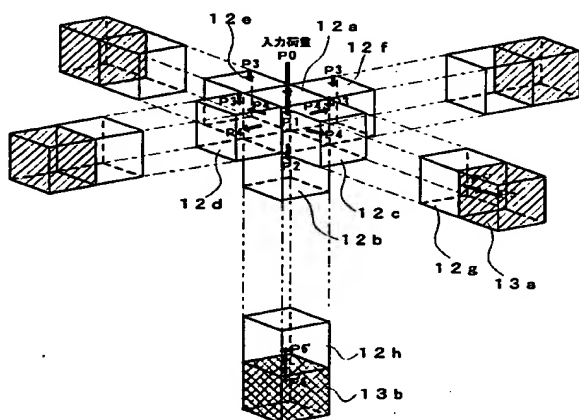
- 1・・・物体
- 2・・・材料エージェント（2次元）
- 3・・・境界エージェント（2次元）
- 4・・・空気
- 5・・・剛体
- 1 2・・・材料エージェント（3次元）
- 1 3・・・境界エージェント（3次元）

【書類名】 図面

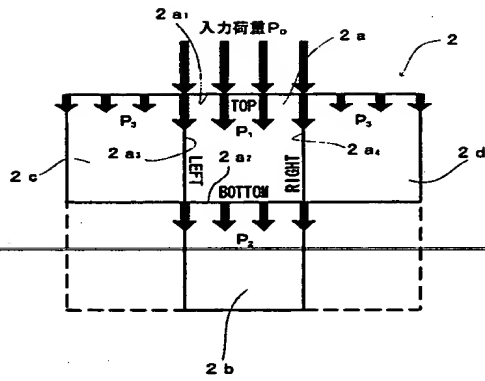
【図 1】



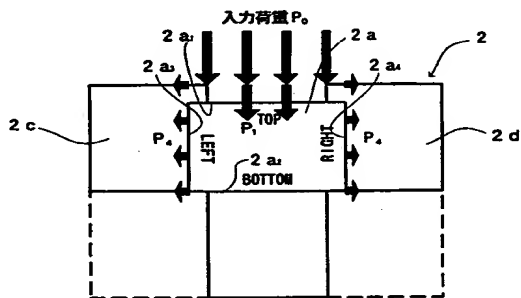
【図 2】



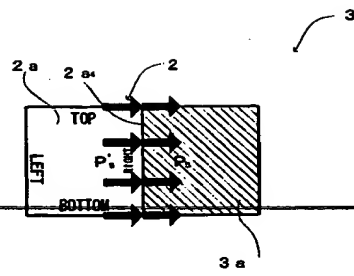
【図 3】



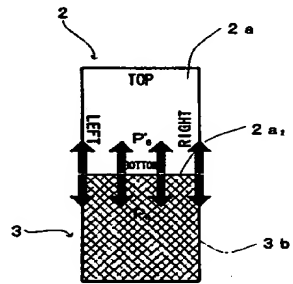
【図 4】



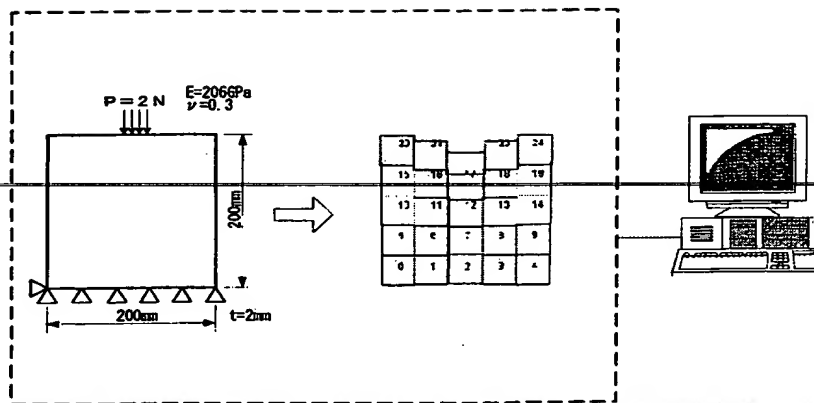
【図 5】



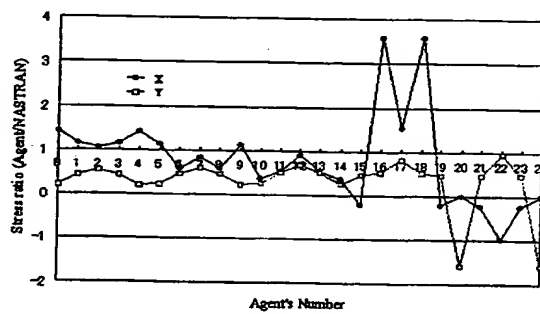
【図 6】



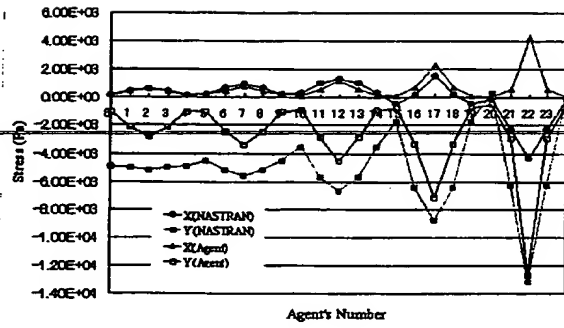
【図 7】



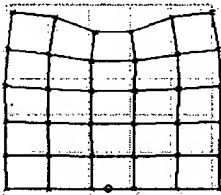
【図 8】



【図 9】



【図 10】

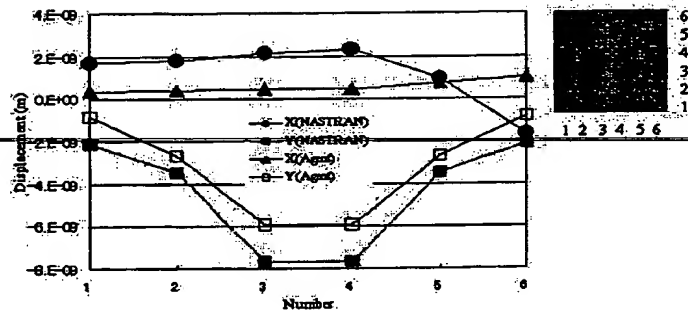


(a)

23	21		25	24
15	18	17	19	16
13	11	12	14	10
5	6	7	8	9
0	1	2	3	4

(b)

【図 1 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は、物体からなる対象物体に与えられた荷重に基づいて、マトリクス状に仮想形成したエージェントを生成し、個々のエージェントが荷重面以外の他面に対し、所定の条件で荷重を伝達して簡易的に対象物体の状態を表示できる物体の荷重伝達変位を表示する方法を提供する。

【解決手段】 本発明の物体の荷重伝達変位を表示する方法は、第一の材料エージェント 2 a は、物体 1 の任意の位置に与えられた荷重面位置に仮想的に当該物体内に生成される 6 面体または平面形状を生成し、第二の材料エージェント 2 b は、前記第一の材料エージェント 2 a の荷重を受ける面以外の隣接面に仮想的に生成される同形状を生成し、以下、同様に、第三、第四・・・第 n の材料エージェント 2 は、順次、前記物体内に前記物体と前記境界中との境界まで仮想的に生成し、境界エージェント 3 a、3 b は、前記物体と前記境界中との接触境界に仮想的に生成され、周囲からの変位拘束を受けるおよび／または受けない所定形状からなり、前記材料エージェント 2 では、前記荷重方向に対しては、荷重方向に前記物体の上面および下面に、その材料特性に応じた所定の荷重と、前記荷重方向に垂直な面には、前記物体の歪み特性に応じた所定の荷重と、当該材料エージェント 2 に隣接する他の材料エージェント 2 の荷重方向上面に所定の変位拘束を受ける荷重とを伝達し、前記境界エージェント 3 では、隣接する前記材料エージェント 2 からの荷重は、変位拘束されない境界には荷重方向に同じ値の荷重を伝達し、変位拘束される境界には、隣接する前記材料エージェントからの荷重に対して逆方向に前記荷重と同じ値の荷重を伝達して境界に接した物体の荷重伝達変位を表示する。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-003496
受付番号	50000018510
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0097
作成日	平成12年 3月 2日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成12年 1月12日

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[593116962]

1. 変更年月日	1993年 5月15日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区九段南4丁目8番24号
氏 名	学校法人日本大学

THIS PAGE BLANK (USPTO)